

(Ⅱ－7) 複断面水路の接合部における組織渦について

－断面形状の影響－

宇都宮大学 学生員 近藤 裕昭

宇都宮大学 正 員 池田 裕一

宇都宮大学 正 員 須賀 克三

1. はじめに

複断面水路の流れでは、高水敷と低水路の接合部において複雑な組織的乱流運動が生じており、接合部における運動量輸送や土砂輸送に大きな影響を及ぼしている。複断面流れの場合、高水敷と低水路との流速差によって生ずる自由せん断渦と、河床の壁面摩擦による馬蹄形渦の、2つの組織渦の影響を考える必要がある。そして、これらの渦がそれぞれどのような因子に支配されるか考えていくことにより、系統的な理解と定量化が促されることになる。そこで本研究は、そのうちの河床から生ずる馬蹄形渦に着目し、断面形状が渦の形態に与える影響について若干の考察を加えるものである。

2. 実験装置及び実験方法

実験には、幅48cm、長さ4m、勾配1/800の亚克力製水路を用いた。これに、幅20cm、高さ $D=4$ cmの高水敷を上流端から下流端まで取り付け、その法面勾配 θ は 90° と 45° の2通りとした(図1)。また、水面下5mmに横断方向に白金線を張り、水素気泡のタイムラインを発生させ、これを写真撮影して、横断方向の流速分布を測定した。

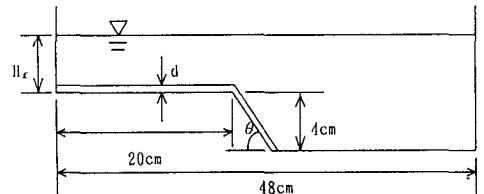


図1 複断面水路の断面図

河床から生ずる渦糸を強調するために、高水敷上からその法面にわたって横断方向に棧を1箇所だけ設置して剥離渦が生じるようにし、棧の高さ d も2mmと4mmの2通りとした。そして、棧の上部に白金線を張り、水素気泡シートを発生させて剥離渦の挙動を可視化した。さらに、染料(ウォーターブルー)を棧の上部に付着させて、その挙動を写真撮影し、馬蹄形渦が水面に達するまでの流下距離 X_s を測定した。

実験条件は表1に示す通りである。A、B各シリーズとも水深を3パターン変化させ、断面形状の相違が馬蹄形渦の周期や強度に及ぼす影響について比較できるように、流量や水深を合わせた。

表1 実験条件

CASE	θ	流量 (l/s)	H_L (cm)	断面平均流速 U (cm/s)	$Re=UR/\nu$ (R : 径深)
A1	90°	1.29	2.0	6.2	1641
A2	90°	1.29	3.0	5.0	1588
A3	90°	1.29	4.0	4.2	1539
B1	45°	1.29	1.9	6.4	1714
B2	45°	1.29	2.9	5.2	1656
B3	45°	1.29	4.0	4.4	1597

3. 実験結果及び考察

図2および3は、法面勾配が 90° と 45° の場合の横断方向の流速分布をそれぞれ示したもので、 y 軸は法面上端部を原点に低水路側向きを正としている。これらを見ると、どちらの場合も、流速は高水敷と低水路でほとんど一定であり、自由せん断渦は発生していたとしても弱いものであると考えられ、可視化からは確認できなかった。

写真1および2に馬蹄形渦の可視化写真を示す。棧の背後から放出された剥離渦が流下するにともない、自己誘起速度の作用で、矢印で示しているように頭をもたげて馬蹄形に変化していくようすかわかる。法面勾配が 45° の場合に比べ、 90° の場合のほうが馬蹄形渦の規模が大きくなっていた。

図4は、馬蹄形渦の発生周期の変化を示したものである。浅枝らの研究¹⁾にならい、ストローハル数 St とレイノルズ数 Re_a を、それぞれ、 $St=fd/u$ 、 $Re_a=ud/\nu$ ($u=(u_r+u_m)/2$ 、 u_r 、 u_m はそれぞれ高水敷、低水路の流

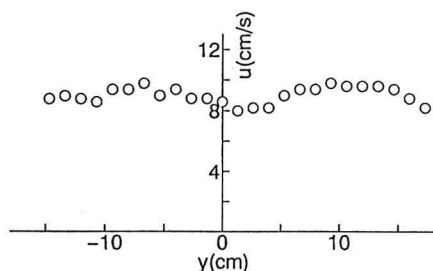


図2 流速分布 ($\theta=90^\circ$, CASE A1)

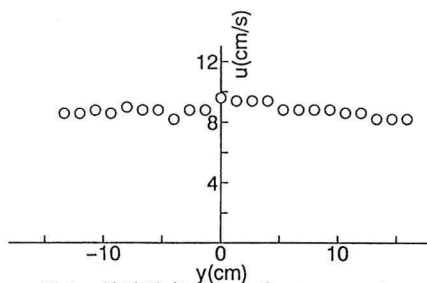


図3 流速分布 ($\theta=45^\circ$, CASE B1)

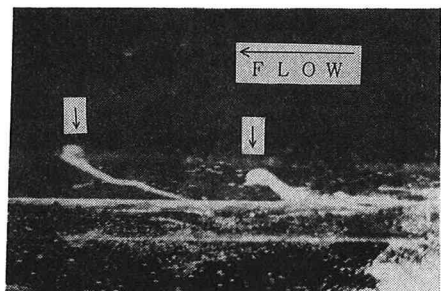


写真1 馬蹄形渦 (CASE A3, $d=4\text{mm}$)

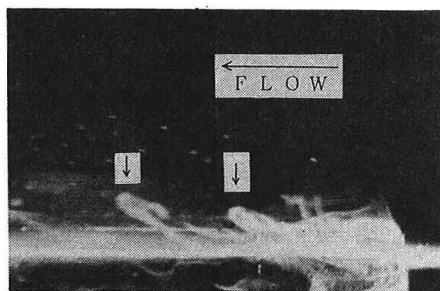


写真2 馬蹄形渦 (CASE B3, $d=4\text{mm}$)

速、 f は馬蹄形渦の発生周波数、 ν は動粘性係数)として整理した。これを見ると、馬蹄形渦の発生周期は栈の高さによらず系統的に整理できることがわかる。

次に、馬蹄形渦が水面に達するまでの流下距離 X_s と、栈からの上昇勾配 $(H_f-d)/X_s$ を上昇流の強さとして整理したものが図5である。横軸のレイノルズ数 Re_d の長さスケールには、高水敷の高さ D を用いている ($Re_d = uD/\nu$)。これを見ると、上昇流の強さは栈の高さによってほとんど変化しないが、法面勾配が、 90° の方がと 45° のときよりも大きい傾向を示す。これは、法面勾配が緩やかになると、高水敷先端部分での渦糸の曲率が小さくなり、これが自己誘起速度に不利に作用するためである。また、定量的には、1.5倍程度の差が見られ、池田ら²⁾のA形河床での実験と同程度の値が得られていることは興味深い点といえよう。

【参考文献】

- 1) 浅枝隆・中井正則・玉井信行・堀川清司：V字形構造物による上昇流，土木学会論文集，第423号／Ⅱ-14，pp. 83-90，1990.
- 2) 池田裕一・藤野毅・須賀亮三：複断面水路接合部における組織的渦の形態に関する一考察，河道の水理と河川環境シンポジウム論文集，pp. 207-214，1993.

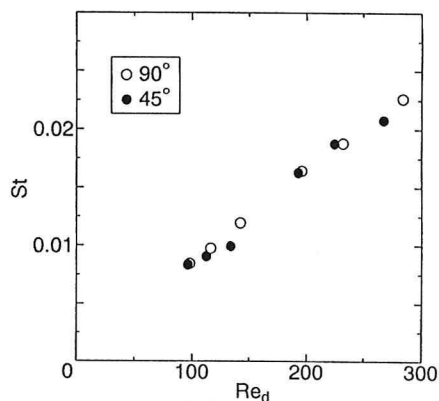


図4 馬蹄形渦の発生周期

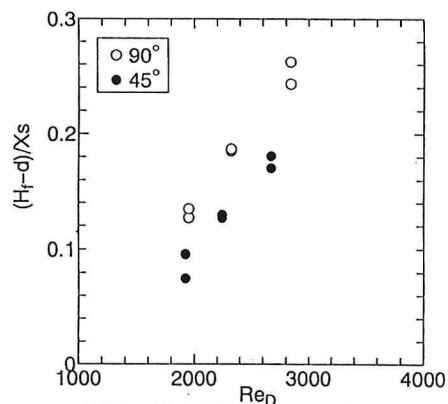


図5 馬蹄形渦による上昇流の強さ